

INFLUENCIA DEL SUBSTRATO Y DE LA FERTILIZACION EN EL CRECIMIENTO DE PLANTAS DE LIMA MEJICANA (*CITRUS AURANTIFOLIA* (CHRISTM.) SWING.) CULTIVADAS EN INVERNADERO

Juana M.^a ARREGUI
J. F. BALLESTER
J. A. PINA *
L. NAVARRO

Departamento de Citricultura **
CRIDA 07 (Levante). I. N. I. A.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo el establecimiento del método óptimo de cultivo de plantas de lima mejicana (*C. aurantifolia* [Christm.] Swing). Esta especie es el mejor indicador para diagnosticar la presencia del virus de la tristeza de los cítricos (CTV).

Para ello se estudió la influencia de 5 tipos de sustratos y tres fertilizaciones distintas en el crecimiento de esta planta.

Los resultados mostraron que tanto el sustrato como la fertilización influyeron con un nivel de significación del 99 p. 100 en el crecimiento de las plantas, aunque el efecto del sustrato fue más acusado.

Los mejores resultados se obtuvieron con un sustrato formado por 50 p. 100 de turba de *Sphagnum* y un 50 p. 100 de arena fina, suplementado con fósforo y microelementos. La fertilización óptima estaba compuesta por una mezcla de nitrato amónico, nitrato potásico, nitrato cálcico y microelementos. En estas condiciones, la altura media de las plantas al año de cultivo fue de 201,6 cm y el espesor del tallo de 9 cm.

El sustrato y fertilización seleccionados se han usado con excelentes resultados para el cultivo de distintas plantas indicadoras de virosis de cítricos, en el cultivo de patrones de cítricos y de numerosas especies obtenidas por microinjerto de ápices caulinares *in vitro*.

INTRODUCCION

El diagnóstico de virosis de agrios se realiza fundamentalmente mediante inoculaciones a plantas indicadoras que se cultivan en con-

Recibido (13-4-81).

* INSPV. Abascal, 56. Madrid.

** Apartado Oficial. Moncada (Valencia).

An. INIA/Ser. Agric./N. 19, 1982.

diciones controladas de invernadero (CHILDS *et al.*, 1968; ROISTACHER, 1976). Las plantas deben ser vigorosas y no mostrar síntomas de carencias ni exceso de micro o macronutrientes, para evitar interferencias con los síntomas producidos por las virosis, por lo que las condiciones de cultivo son un factor muy importante para el diagnóstico (ROISTACHER, 1976).

BAKER *et al.* (1957) desarrollaron un sistema de cultivo de plantas en maceta basado en la utilización de un substrato de turba y arena con la adición de nutrientes en la mezcla inicial y posteriormente durante el cultivo junto con el agua de riego.

NAUER, ROISTACHER y LABANAUSKAS (1967 y 1968) utilizaron este sistema para el cultivo de plantas indicadoras de cítricos, y ante los malos resultados obtenidos realizaron algunas modificaciones en el método, y finalmente obtuvieron resultados óptimos con un substrato compuesto por turba, arena fina y viruta de secoya, al que se adicionaba fósforo, dolomita, carbonato cálcico y microelementos, mientras que el nitrógeno y el potasio se añadían periódicamente con el agua de riego. Este sistema, con ligeras modificaciones, se ha utilizado hasta el momento con excelentes resultados en los invernaderos de diagnóstico de virosis de agrios de la Universidad de California, en Riverside, para el cultivo de gran número de variedades de agrios (ROISTACHER, comunicación personal).

El programa de mejora sanitaria de variedades de agrios en España (NAVARRO, 1976 y 1977), así como el programa de control y certificación de plantones de agrios (ANON, 1976) exigen la realización de gran número de test de virosis que se realizan en las instalaciones del CRIDA 07 en Moncada (Valencia). En las primeras experiencias de diagnóstico se utilizó el sistema de cultivo desarrollado en Riverside (NAUER, ROISTACHER y LABANAUSKAS, 1967 y 1968), con un substrato compuesto por turba y arena fina, pero a pesar de los resultados aceptables se observaron algunos problemas de deficiencias nutritivas. Ello obligó a realizar algunas modificaciones en el método de cultivo, añadiendo microelementos con el agua de riego.

Estos resultados iniciales, junto con el elevado precio y dificultades en el suministro de turba de *Sphagnum*, hicieron aconsejable la realización de un estudio para determinar el método óptimo de cultivo de plantas indicadoras de agrios bajo nuestras condiciones y para determinar si era posible la sustitución de parte del volumen de turba de *Sphagnum* por otros compuestos más económicos y fáciles de obtener en España. Por otra parte, convenía el estudio de la posible utilización de algún abono complejo comercial que pudiera sustituir la mezcla de fertilizantes nitrogenados y potásicos con el fin de facilitar las operaciones rutinarias del cultivo.

En este trabajo presentamos los resultados obtenidos con plantas de lima mejicana (*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swing.) cultivadas en invernadero en macetas con 5 sustratos y con 3 formulaciones de abonado.

MATERIALES Y METODOS

Sustratos

La composición de los distintos sustratos utilizados se presenta en el Cuadro 1.

CUADRO 1

COMPOSICION DE LOS SUBSTRATOS UTILIZADOS EN LA EXPERIENCIA

Substrato	Composición (porcentajes en volumen)
S1	50 p. 100 turba de Sphagnum, 50 p. 100 arena.
S2	66,6 p. 100 tierra limo-arenosa, 33,3 p. 100 turba negra.
S3	33,3 p. 100 turba de Sphagnum, 33,3 p. 100 arena, 33,3 p. 100 tierra de bosque.
S4	33,3 p. 100 turba de Sphagnum, 33,3 p. 100 arena, 33,3 p. 100 Agromuss.
S5	33,3 p. 100 turba de Sphagnum, 33,3 p. 100 arena, 33,3 p. 100 viruta de pino.

La turba de Sphagnum procedía de Alemania y tenía un pH de 3,5-3,8. La arena tenía un tamaño de partículas comprendido entre 0,2 y 1 mm, procedía de una cantera de lavado de caolín y no contenía arcilla. La tierra utilizada en el sustrato S2 procedía del barranco de Carraixet, situado en las cercanías del CRIDA 07, en Moncada, y es de tipo limo-arenosa. La turba negra procedía de Alemania y tenía un pH de 3,6.

Los sustratos S1 y S5, similares a los utilizados por NAUER, ROIS-TACHER y LABANAUSKAS (1967), con la diferencia de que en el S5 se sustituyó la viruta de secoya por viruta de pino. El sustrato S3 incorpora tierra de bosque, y el S4 Agromuss, ambos componentes muy utilizados en España para cultivo de plantas ornamentales. El sustrato S2 es una mezcla utilizada anteriormente en invernaderos locales y se incluyó en la experiencia como testigo de referencia, por lo que no se le añadieron elementos nutritivos ni se ajustó su pH inicial, que era 7,5.

A todos estos sustratos, excepto al S2, se les añadieron los siguientes compuestos (cantidades por m³ de sustrato) (NAUER, ROIS-

TACHER y LABANAUSKAS, 1968): 1.485 g de superfosfato simple, 2.228 g de dolomita, 83,5 g de sulfato de cobre, 27,8 g de sulfato de cinc, 27,8 g de sulfato de manganeso, 46,4 g de sulfato de hierro, 0,7 g de ácido bórico y 0,4 g de molibdato amónico. Además se añadieron 1.800 g de carbonato cálcico a los substratos S1, S3 y S4 y 2.500 g al S5 para ajustar su pH a 5,5. Este pH es óptimo para la absorción de nutrientes por los agrios (NAUER, ROISTACHER y LABANAUSKAS, 1967 y 1968). Los compuestos solubles se disolvieron en agua antes de adicionarlos a la mezcla, mientras que los insolubles se incluyeron en forma de polvo. Los componentes de los substratos se mezclaron manualmente y a continuación se trataron con vapor de agua a 100° C durante una hora para eliminar los posibles parásitos patógenos para las plantas.

Fertilizantes

Se utilizaron 3 soluciones fertilizantes. La F2 contenía 39,2 g de nitrato amónico, 16,3 g de nitrato cálcico y 12 g de nitrato potásico equivalente a 10,6 g de NO_3^- , 6,8 g de NH_4^+ y 5,4 g de K_2O por cada 100 l de solución. La F1 contenía los mismos nitratos que la F2 y además 0,004 g de sulfato de cobre, 0,045 g de sulfato de cinc, 1,083 g de cloruro de manganeso, 0,285 g de ácido bórico, 0,018 g de molibdato amónico, 0,003 g de óxido de vanadio y 0,5 g de sulfato de hierro (quelatizado con EDTA) por 100 l de solución de riego. La F3 es un preparado comercial concentrado y que según sus fabricantes y en la dilución utilizada (1 mg/l) proporciona una solución de riego con 20 g de N, 15 g de K_2O , 2 g de MgO y 1 g de boro por cada 100 l. Las soluciones se prepararon concentradas y se diluyeron en el momento del riego.

La solución de nitratos F2 es análoga a la utilizada actualmente en los invernaderos de diagnóstico de virosis de agrios en Riverside (ROISTACHER, comunicación personal). Los microelementos de la solución F1 son los de la fórmula de Smith, utilizada en los invernaderos de la Station de Recherches Agrumicoles de Córcega (VOGEL, comunicación personal). La solución F3 era el preparado comercial existente en España de composición más parecida a la F2.

Material vegetal y método de cultivo

Se utilizaron plantas de lima mejicana, que se usa para la detección de los virus de la tristeza y del "vein enation-woody gall", ambos ampliamente difundidos en nuestras plantaciones cítrícolas (BA-

LLESTER, PINA y NAVARRO, 1979; NAVARRO, 1977). Las semillas se sembraron en cajoneras con el sustrato S1 y se cultivaron en invernadero a 27-32° C, regándolas semanalmente con la solución nutritiva F1. Al cabo de 3 meses se efectuó una selección cuidadosa, eliminando las plantas anormales de origen sexual; se eligieron plantas uniformes, con una altura media del tallo de 12,5 cm, y se trasplantaron a macetas de 17 cm de diámetro y 2,5 l de capacidad llenas con los distintos sustratos. Se cultivaron 2 plantas en cada maceta, ya que de esta forma se ahorra espacio de invernaderos y se facilita el diagnóstico al permitir cultivar en las mismas condiciones plantas inoculadas y testigos positivos o negativos. Las plantas se cultivaron en invernadero con temperatura regulada entre 18 y 25° C, y se regaron semanalmente con la solución nutritiva correspondiente. El riego se efectuó siempre en exceso, con el fin de efectuar un lavado del sustrato e impedir en lo posible la acumulación de sales.

En cada una de las 15 condiciones distintas del experimento se utilizaron 32 plantas cultivadas en 16 macetas, por lo que la experiencia comprendía 480 plantas.

Se tomaron datos de altura de plantas, de diámetro del tallo de las mismas unos 5 cm por encima de la raíz y se hicieron determinaciones del pH del sustrato al cabo de 1, 2, 3, 8 y 12 meses de cultivo a partir del momento de enmacetado. El experimento se limitó a 12 meses, que es el tiempo medio de cultivo de limas mejicanas para la realización de test de tristeza, incluido en este período la duración propia de dicho test. La lectura del pH se efectuó añadiendo agua a cada maceta y recogiendo los primeros 25 ml del agua de drenaje, cuyo pH se midió con un pH metro (NAUER, LABANAUSKAS y ROISTACHER, 1967). Este método es relativamente cómodo y rápido, no necesita eliminar sustrato de las macetas en cada lectura y los resultados obtenidos sólo mostraron diferencias mínimas respecto a las lecturas efectuadas por el método de saturación con agua o cloruro potásico.

A los 3 meses de cultivo, el pH de todos los sustratos era superior a 6,5, valor que se considera máximo para el cultivo óptimo de los agrios (NAUER, ROISTACHER y LABANAUSKAS, 1968). Para intentar evitar el aumento progresivo del pH a partir del cuarto mes de cultivo, la mitad de las macetas de cada tratamiento se regaron con la solución nutritiva ajustada a pH 5,5 mediante la adición de ácido sulfúrico al agua de riego, mientras que la otra mitad se continuó regando con las soluciones usadas desde el principio del experimento, cuyo pH estaba alrededor de 7,5.

Los datos obtenidos se estudiaron estadísticamente por el método de análisis de la varianza con 2 factores controlados con repeticiones. La separación de medias se realizó por el método de Tukey.

RESULTADOS

El tipo de sustrato y de fertilización influyó con un nivel de significación del 99 p. 100 en el diámetro y en la altura de las plantas.

Influencia del sustrato

El sustrato ejerció una influencia determinante en el tamaño final de las plantas. Las de mayor altura y diámetro se obtuvieron en el sustrato S3 y a continuación en el S1, el S4, el S5 y el S2 (Cuadros 2 y 3, Figs. 1 y 2). En el caso de la altura, las diferencias entre las medias fueron significativas entre todos los sustratos al nivel del 95 p. 100 (Cuadro 2), mientras que para el diámetro no se obtuvieron diferencias significativas entre los sustratos S3 y S1 (Cuadro 3), aunque sí en el resto.

El estudio de las interacciones entre sustratos permitió observar la misma pauta de distribución de tamaños en los distintos sustratos que la descrita para las medias generales, pero algunas diferencias no fueron significativas. Así, en la altura de las plantas (Cuadro 2), ni las diferencias entre los sustratos S3 y S1 ni entre el S4 y el S5 son significativas para ninguna fertilización; para las fertilizaciones F1 y F2 tampoco se obtuvieron diferencias significativas entre los sustratos S3 y S1 con el S4. En cuanto al diámetro (Cuadro 3), se mantuvo igualmente la pauta general, con la excepción de que el diámetro de las plantas cultivadas en el sustrato S1 fue ligeramente superior al de las plantas cultivadas en el S3 cuando se utilizó la fertilización F2. No se obtuvieron diferencias significativas entre los diámetros de las plantas cultivadas en los sustratos S3 y S1 para ninguna fertilización, ni entre los sustratos S4 y S5, excepto para la fertilización F2 ajustada a pH 5,5.

Las plantas cultivadas con el sustrato S5, que contiene viruta de pino, mostraron una ligera clorosis en los primeros meses de cultivo con todas las fertilizaciones.

Las plantas cultivadas en el sustrato S2 presentaron al final del experimento un fuerte enanismo, gran defoliación y hojas pequeñas con intensa clorosis (Fig. 1). Algunas plantas cultivadas en este sustrato se recuperaron sensiblemente en los dos últimos meses de cultivo, en los que tuvieron un crecimiento relativamente vigoroso, con producción de hojas de tamaño normal sin clorosis (Fig. 3).

En las Figuras 4 y 5 se muestra la evolución de la altura y el diámetro de las plantas durante el cultivo en los distintos sustratos con la fertilización F1. Para las fertilizaciones F2 y F3 la pauta de

CUADRO 2

INFLUENCIA DEL SUBSTRATO, DE LA FERTILIZACION Y DEL pH DE ESTA EN LA ALTURA DE PLANTAS DE LIMA MEJICANA CULTIVADAS DURANTE 12 MESES. DATOS EXPRESADOS EN CENTIMETROS *

Substrato	FERTILIZACION							Media *
	F1		F2		F3			
	pH 7,5	pH 5,5	pH 7,5	pH 5,5	pH 7,5	pH 5,5		
S1	201,6 ^{abc}	207,8 ^{abc}	219,3 ^a	213,4 ^{ab}	152,5 ^{efghi}	158,4 ^{defghi}	192,3 ^a	
S2	23,0 ^l	22,9 ^l	20,0 ^l	25,0 ^l	21,9 ^l	23,7 ^l	22,8 ^b	
S3	207,2 ^{abc}	214,4 ^a	221,1 ^a	220,0 ^a	192,5 ^{abcde}	198,7 ^{abcd}	209,0 ^c	
S4	169,7 ^{defgh}	197,8 ^{abcd}	178,4 ^{abcdef}	186,9 ^{abcde}	120,9 ^{ijk}	136,0 ^{fghij}	164,9 ^d	
S5	140,5 ^{ghij}	170,9 ^{bcdefg}	134,1 ^{ghij}	126,7 ^{hij}	81,4 ^k	107,7 ^{jk}	126,9 ^e	
Media *	148,4 ^b	163,0 ^a	154,6 ^{ab}	154,4 ^{ab}	113,8 ^c	124,9 ^c		

* Las medias de las interacciones entre substratos y fertilizaciones, las medias de los substratos y las medias de las fertilizaciones que no van acompañadas por ninguna letra común son significativamente diferentes al nivel del 95 p. 100.

CUADRO 3

INFLUENCIA DEL SUBSTRATO, DE LA FERTILIZACION Y DEL pH DE ESTA EN EL DIAMETRO DE PLANTAS DE LIMA MEJICANA CULTIVADAS DURANTE 12 MESES. DATOS EXPRESADOS EN MILIMETROS *

Substrato	FERTILIZACION						Media *
	F ₁		F ₂		F ₃		
	pH 7,5	pH 5,5	pH 7,5	pH 5,5	pH 7,5	pH 5,5	
S1	9,0 ^{def}	9,9 ^{bcd}	10,3 ^{abc}	11,1 ^a	7,6 ^{ijk}	8,0 ^{fghij}	9,4 ^a
S2	2,6 ⁿ	2,4 ⁿ	2,3 ⁿ	2,6 ⁿ	2,4 ⁿ	2,4 ⁿ	2,4 ^d
S3	9,5 ^{cde}	9,9 ^{bcd}	10,1 ^{abc}	10,7 ^{ab}	8,3 ^{fghi}	8,8 ^{efg}	9,6 ^a
S4	7,3 ^{ijk}	8,5 ^{efgh}	7,8 ^{ghijk}	8,4 ^{fgh}	5,9 ^{lm}	6,8 ^{kl}	7,4 ^b
S5	6,8 ^{kl}	7,7 ^{ijk}	7,0 ^{jk}	7,1 ^{jk}	5,2 ^m	5,8 ^{lm}	6,6 ^c
Media *	7,0 ^c	7,7 ^{ab}	7,6 ^b	8,0 ^a	5,9 ^e	6,4 ^d	

* Las medias de las interacciones entre substratos y fertilizaciones, las medias de los substratos y las medias de las fertilizaciones que no van acompañadas por ninguna letra común son significativamente diferentes al nivel del 95 p. 100.

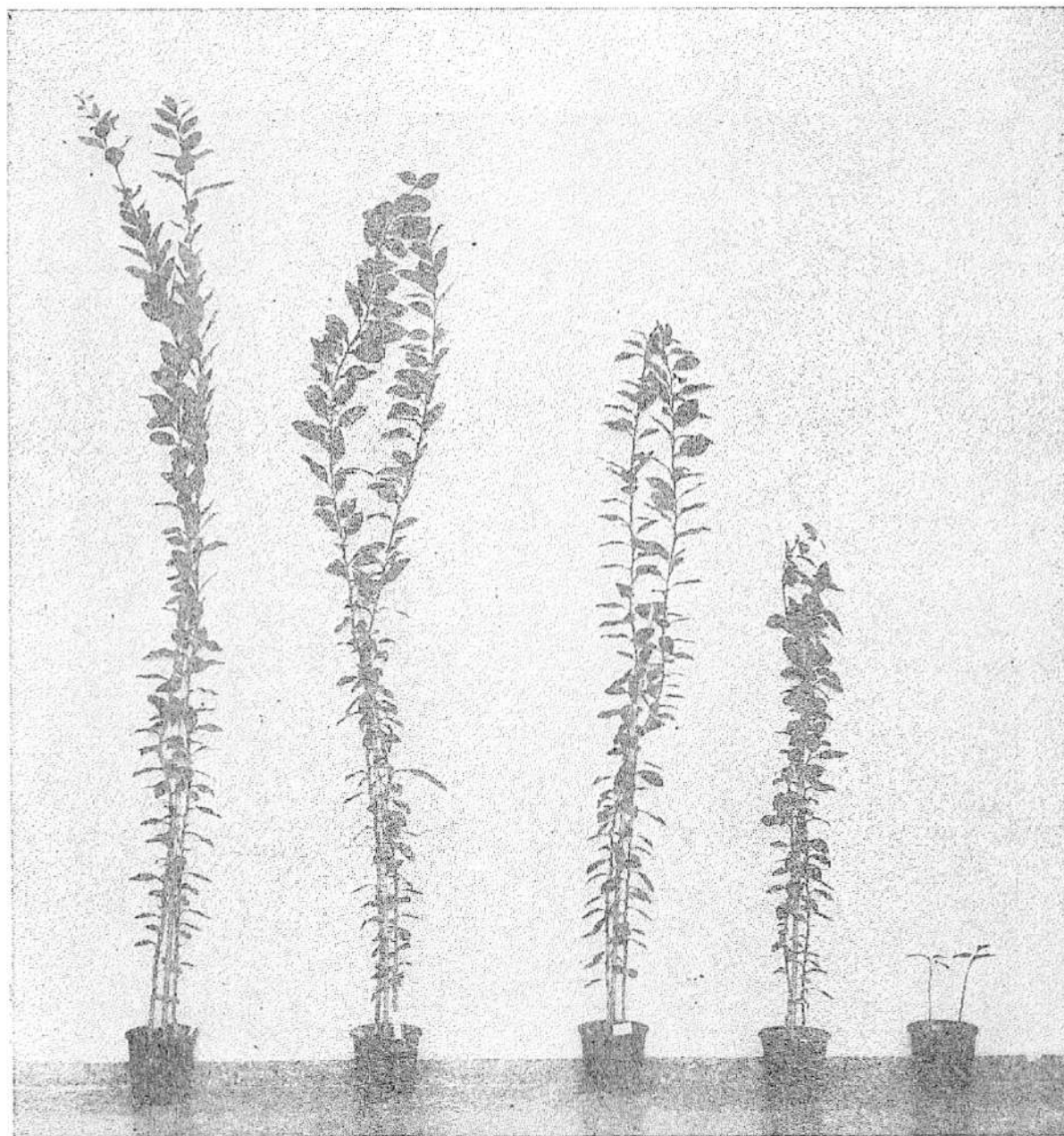


Fig. 1.—Influencia del substrato en la altura de plantas de lima mejicana cultivadas durante un año. De izquierda a derecha: substratos S3, S1, S4, S5 y S2

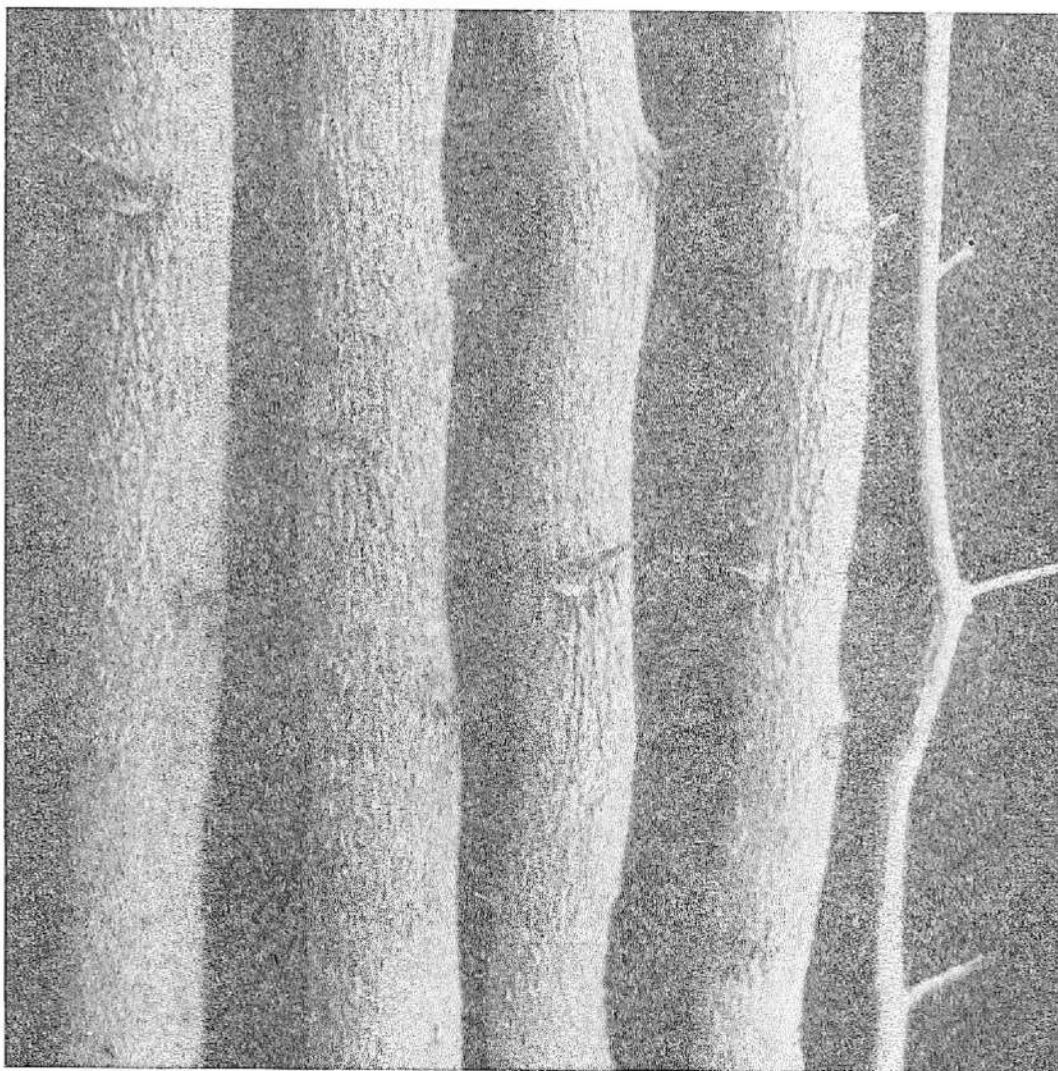


Fig. 2.—Influencia del substrato en el diámetro de plantas de lima mexicana cultivadas durante un año. De izquierda a derecha: substratos S3, S1, S4, S5 y S2

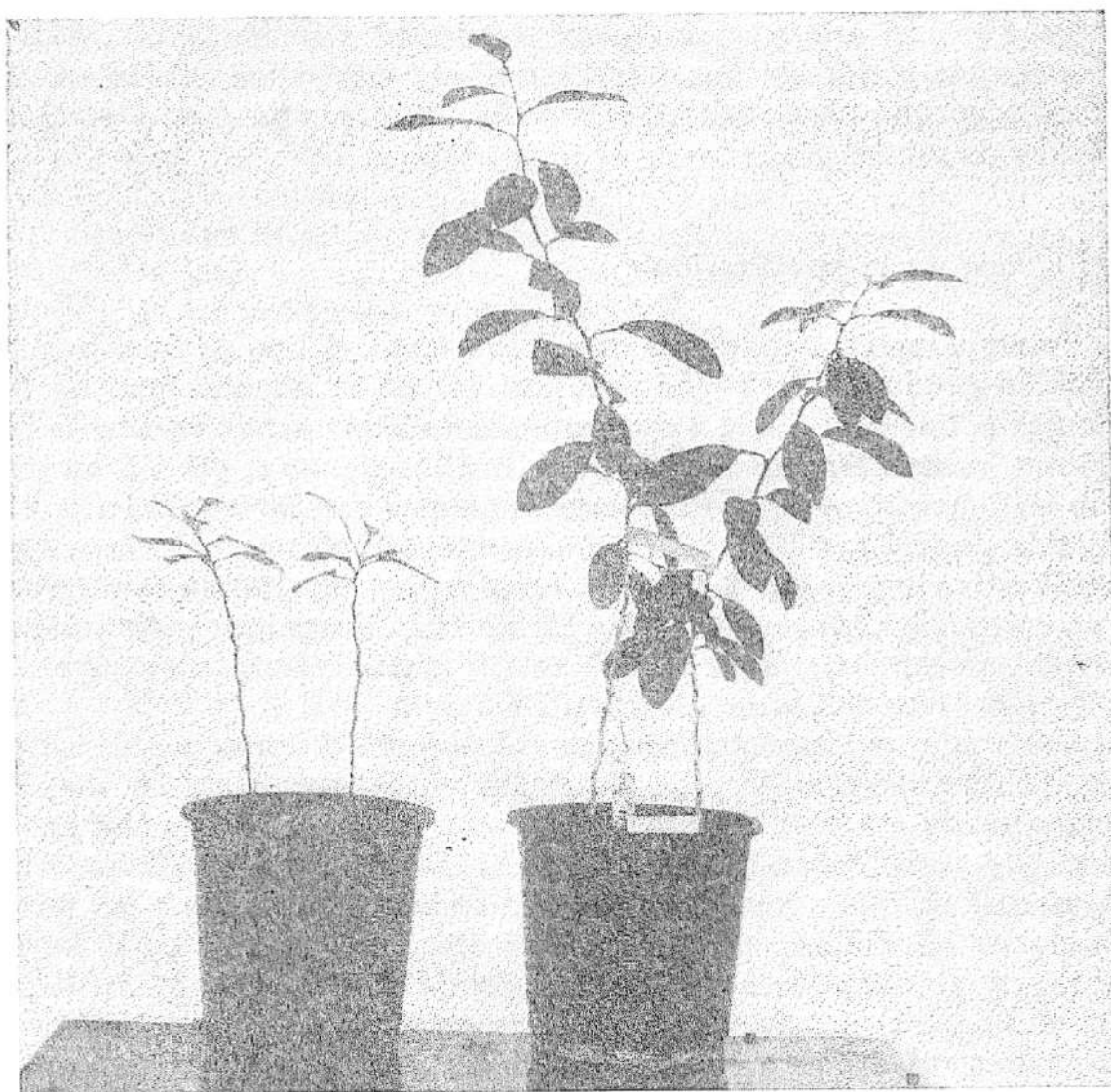


Fig. 3.—Plantas de lima mejicana cultivadas durante un año en el substrato S2. Izquierda: planta "normal"; derecha: planta que inició una recuperación a los diez meses de cultivo

evolución es similar. Se observa que la velocidad de crecimiento es máxima durante el segundo y el tercer mes de cultivo y posteriormente es prácticamente constante para todos los sustratos.

A los 3 meses de cultivo ya se obtuvieron diferencias significativas en el tamaño de las plantas cultivadas en los distintos sustratos, que generalmente se mantuvieron hasta el final del experimento (Figs. 4 y 5). A esta edad, las plantas cultivadas en todos los sustratos, excepto el S2, con las 3 fertilizaciones ensayadas, tenían un tamaño adecuado para realizar la inoculación por injerto para el diagnóstico de virosis.

Influencia de la fertilización

Aunque menos importante que el sustrato, el tipo de fertilización también produjo diferencias significativas en el tamaño final de las plantas (Cuadros 2 y 3). La comparación de los tamaños medios de las plantas cultivadas con las distintas fertilizaciones a pH 7,5 mostró que el diámetro y la altura fueron máximos con la fertilización F2, seguida de la F1 y la F3. Para el diámetro se obtuvieron diferencias significativas entre las 3 fertilizaciones; para la altura, las diferencias entre las fertilizaciones F2 y F1 no fueron significativas, aunque ambas produjeron plantas con diámetro significativamente superior a los obtenidos con la fertilización F3.

El estudio de las interacciones entre fertilizaciones y sustratos dio resultados análogos a los obtenidos en el estudio de las medias generales de las fertilizaciones, pero con algunas diferencias en el grado de significación (Cuadros 2 y 3). La fertilización F3 produjo plantas de diámetro y altura significativamente inferiores a las fertilizaciones F2 y F1 en todos los sustratos, excepto en el S2. En la altura no se obtuvieron diferencias significativas entre las fertilizaciones F2 y F1 con ningún sustrato y en el diámetro estas diferencias sólo se obtuvieron en el sustrato S1.

Las plantas abonadas con la solución F1 no tuvieron ningún síntoma foliar de carencias o excesos nutricionales, excepto en el sustrato S2. Las abonadas con F2 mostraron ocasionalmente algunos síntomas de deficiencias de hierro y cinc en los últimos meses de cultivo. La fertilización F3 indujo síntomas generalizados de carencias de hierro y cinc y amarilleo de las hojas y muchas plantas regadas con esta solución sufrieron una fuerte defoliación a partir del sexto mes de cultivo (Fig. 6).

La disminución del pH de las soluciones fertilizantes de 7,5 a 5,5 provocó un aumento del tamaño de las plantas (Cuadros 2 y 3). A nivel general, el aumento de diámetro es significativo para las

tres fertilizaciones y el aumento de altura sólo es significativo para la solución F1. El estudio de las interacciones de los fertilizantes con los sustratos permitió comprobar que la altura de las plantas fue superior a pH 5,5 que a pH 7,5 en todas las condiciones del ensayo, excepto en el sustrato S2 con la fertilización F1 y en los sustratos S1, S3 y S5 con la fertilización F2, aunque en ningún caso las diferencias fueron significativas (Cuadro 2). El diámetro fue superior a pH 5,5 que a pH 7,5 en todas las condiciones, excepto en el sustrato S2 con las fertilizaciones F1 y F3, aunque las diferencias sólo fueron significativas en el sustrato S4 con la fertilización F1 (Cuadro 3).

Los síntomas de deficiencias nutricionales observados en plantas abonadas con las soluciones F2 y F3 fueron más suaves cuando el pH de las soluciones se bajó a 5,5.

Evolución del pH de los sustratos

El pH de todos los sustratos, excepto el S2, se ajustó a 5,5 antes de la esterilización. Después de ésta, los sustratos se colocaron en macetas que se regaron dos veces con agua para realizar el trasplante, después del cual se realizó la medida del pH. Con la esterilización y el riego, el pH de todos los sustratos, excepto el S2, aumentó (Fig. 7). Este aumento fue especialmente acusado en el sustrato S4, que subió de pH 5,5 a pH 7,4, para disminuir prácticamente al nivel inicial al cabo de un mes de cultivo (Fig. 7). Este aumento brusco se debió a alteraciones del Agromuss, componente del sustrato S4, producidas por el tratamiento con vapor. Este hecho fue comprobado mediante lecturas del pH del Agromuss antes y después de su esterilización controlada en autoclave.

Durante los primeros 3 meses de cultivo se observaron diferencias importantes en el pH de los distintos sustratos, pero al cabo de 8 meses estas diferencias eran muy pequeñas (Fig. 7) y al final del experimento el pH se situó en todos los casos entre 7,2 y 7,9 para fertilizaciones a pH 7,5 (Cuadro 4). La evolución del pH fue similar para las 3 fertilizaciones.

Las diferencias observadas en el pH final de los sustratos fueron pequeñas, pero en varios casos significativas (Cuadro 4). El sustrato S2 tenía al final del experimento el pH más alto, seguido por los sustratos S1 y S3, entre los que no había diferencias significativas, y a continuación por el S5 y el S4. Las fertilizaciones no tuvieron ninguna influencia significativa excepto cuando se bajó su pH a 5,5. En este caso se observaron diferencias en las fertilizaciones F1 y F2. El estudio de las interacciones (Cuadro 4) mostró que

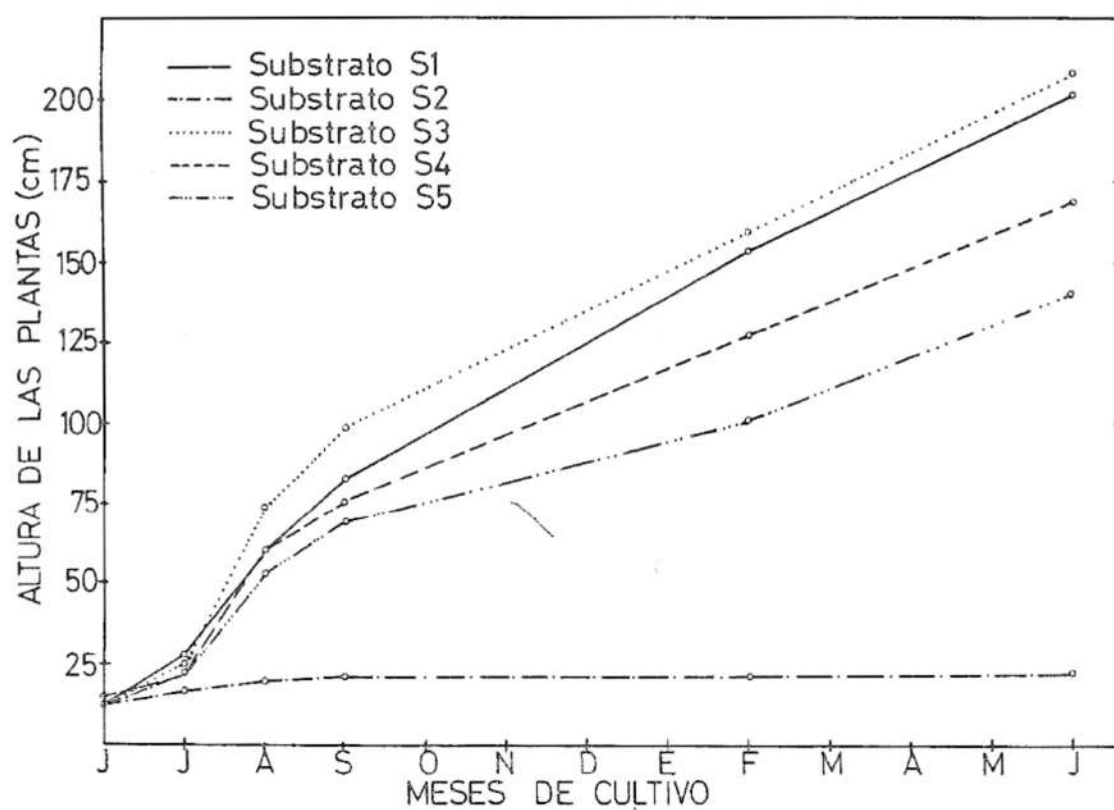


Fig. 4.—Evolución de la altura de las plantas de lima mejicana en función del sustrato y del tiempo de cultivo, con la fertilización F1

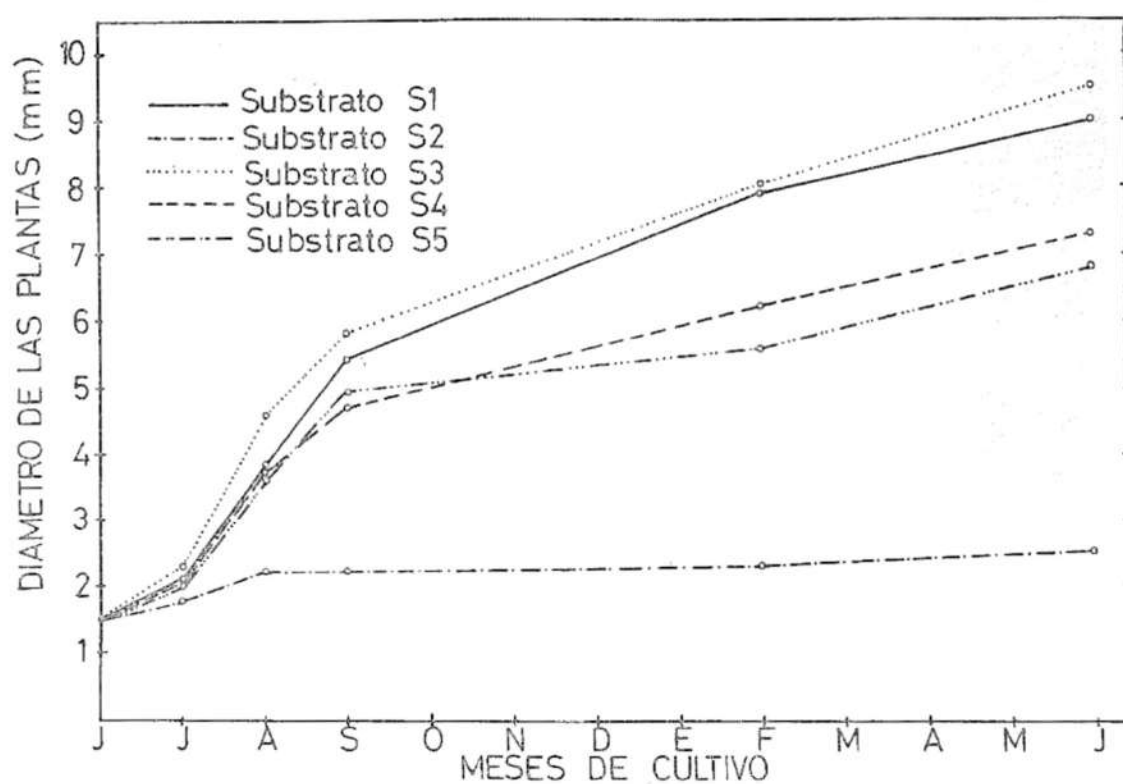


Fig. 5.—Evolución del diámetro de plantas de lima mejicana en función del sustrato y del tiempo de cultivo, con la fertilización F1



Fig. 6.—Plantas de lima mejicana cultivadas en el substrato S1. Izquierda: planta abonada con la solución F1; derecha: planta abonada con la solución F3

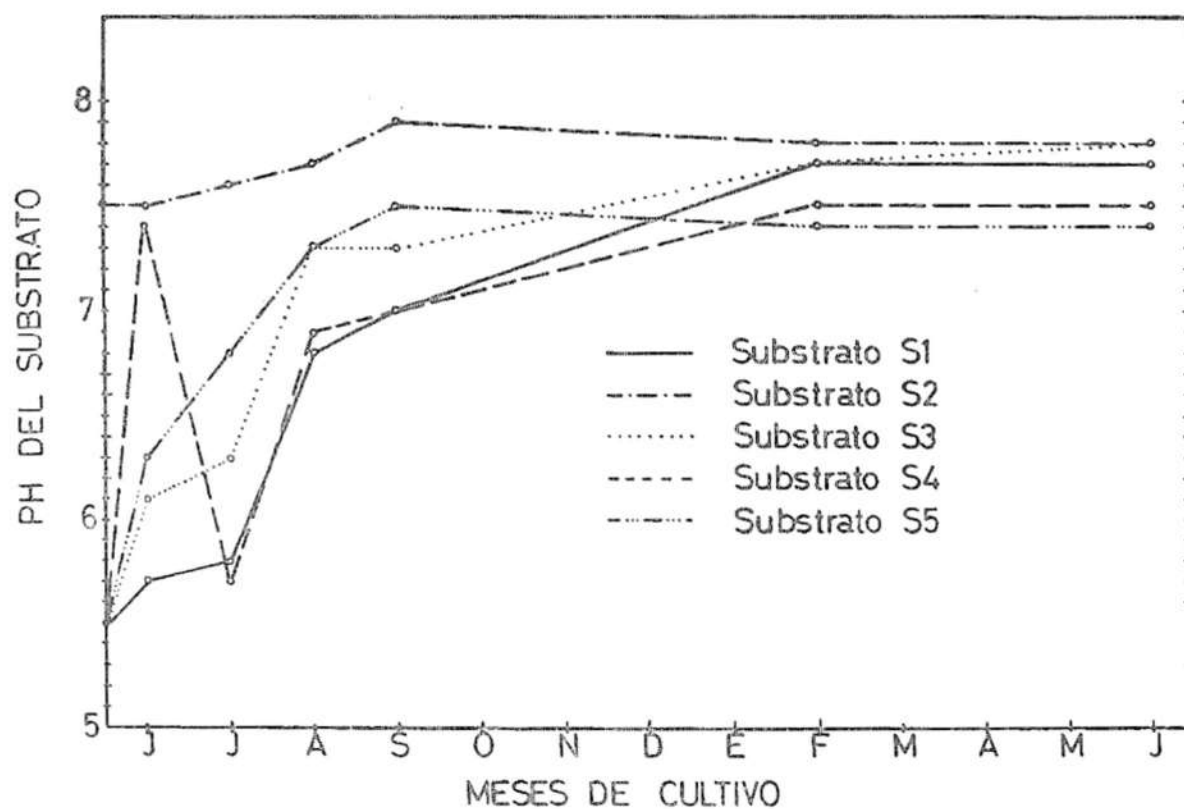


Fig. 7.—Evolución del pH de los substratos en función del tiempo de cultivo.
La fertilización utilizada fue la F1 con un pH de 7,5

CUADRO 4

INFLUENCIA DEL SUBSTRATO Y DE LA FERTILIZACION EN EL pH DE LOS SUBSTRATOS *

Substrato	FERTILIZACION								Media *
	F ₁		F ₂		F ₃				
	pH 7,5	pH 5,5	pH 7,5	pH 5,5	pH 7,5	pH 5,5			
S1	7,7 ^{abc}	7,5 ^{abcd}	7,5 ^{abcd}	7,5 ^{abcd}	7,6 ^{abcd}	7,4 ^{bode}	7,5 ^b		
S2	7,8 ^{ab}	7,7 ^{abc}	7,9 ^a	7,9 ^a	7,7 ^{abc}	7,7 ^{abc}	7,8 ^a		
S3	7,8 ^{ab}	7,4 ^{bode}	7,8 ^{ab}	7,5 ^{abcd}	7,7 ^{abc}	7,6 ^{abcd}	7,6 ^b		
S4	7,5 ^{abcd}	6,6 ^{fg}	7,4 ^{bode}	6,4 ^g	7,4 ^{bode}	7,2 ^{de}	7,1 ^c		
S5	7,4 ^{bode}	7,3 ^{cde}	7,3 ^{cde}	7,0 ^{ef}	7,2 ^{de}	7,2 ^{de}	7,2 ^c		
Media *	7,6 ^a	7,3 ^b	7,6 ^a	7,3 ^b	7,5 ^a	7,4 ^{ab}			

* Las medias de las interacciones entre substratos y fertilizaciones, las medias de los substratos y las medias de las fertilizaciones que no van acompañadas por ninguna letra común son significativamente diferentes al nivel del 95 p. 100.

para los substratos sólo hay diferencias significativas en el S4, cuyo pH es inferior con las fertilizaciones F1 y F2 ajustadas a pH 5,5. En cuanto a las fertilizaciones, la disminución del pH a 5,5 provoca en la mayoría de los casos una ligera disminución del pH de los substratos, que sólo es significativa para el substrato S4 con las fertilizaciones F1 y F2.

No se ha encontrado una relación clara entre el pH de los substratos y el crecimiento de las plantas.

DISCUSION

Los datos obtenidos muestran la gran importancia del substrato y la fertilización en el crecimiento de plantas de lima mejicana.

Las condiciones óptimas de cultivo son las que producen plantas de mayor tamaño sin ningún síntoma de carencias nutricionales. Para el diagnóstico de virosis el diámetro del tallo es más importante que la altura, ya que los síntomas de virosis en madera son más evidentes cuanto mayor sea la velocidad de crecimiento en espesor de la planta.

En todos los substratos ensayados, excepto en el S2, se consiguen plantas en algunas condiciones que podrían utilizarse para la realización de test, pero sólo las de mayor tamaño, producidas en los substratos S3 y S1 son adecuadas para la detección de las razas más débiles o para la comparación de distintos patotipos. El substrato S3 produce plantas de altura ligeramente superior al S1, pero el diámetro de las plantas es prácticamente el mismo. Entre estos 2 substratos se considera más adecuado el S1, debido a que es fácilmente reproducible por estar compuesto por turba y arena, mientras que el substrato S3 es de reproducción difícil, debido a la variabilidad de las distintas partidas de tierra de bosque, que es uno de sus componentes (Cuadro 1). En los substratos S4 y S5 se producen plantas de tamaño claramente inferior a los anteriores. Es de destacar los pobres resultados obtenidos en el substrato S5, que contiene viruta de pino, en contraposición con los excelentes resultados obtenidos por NAUER, ROISTACHER, LABANAUSKAS, 1967, que obtuvieron mejores resultados al sustituir parte de la turba por viruta de secoya, con la ventaja adicional del abaratamiento del costo del substrato.

Las plantas obtenidas en el substrato S2, que contiene suelo natural, son extremadamente raquílicas y su aspecto hace pensar que ello es debido a la falta de micorrizas en el substrato como consecuencia de la esterilización. KLEINSCHMIDT y GERDEMAN, 1972, encontraron que la falta de micorrizas en suelos fumigados o tratados con

vapor provocaba en plantas de algunas especies de cítricos un fuerte enanamiento y clorosis, como consecuencia de la incapacidad de estas plantas para absorber el fósforo y algunos microelementos, en especial el cinc. La inoculación con micorrizas elimina los problemas de crecimiento (MENGE, LEMBRIGHT, JOHNSON, 1977; KLEISCHMIDT, GERDEMAN, 1972), ya que estos microorganismos actúan en simbiosis con la planta, de la que toman carbono a cambio de suministrar elementos minerales, en especial el fósforo.

En el resto de los substratos no se aprecia la falta de micorrizas, probablemente como consecuencia de la ausencia de arcilla en los mismos, por lo que el fósforo está unido de una forma mucho más débil a la turba y las plantas son capaces de absorberlo. Por ello, es extremadamente importante que la arena utilizada en la preparación de los substratos no contenga arcilla, para evitar que ésta fije el fósforo que no podría ser tomado por las plantas debido a la falta de micorrizas que se eliminan con la esterilización. Por otra parte, es absolutamente necesario esterilizar los substratos para evitar la presencia de patógenos, en especial *Phytophthora sp.*

La fertilización que produce plantas de mayor diámetro y altura es la F2, aunque las diferencias con la F1 son escasas. Estos resultados son sorprendentes, ya que ambas contienen los mismos macroelementos y la única diferencia es que la F1 contiene microelementos. A pesar de ello, la fertilización F1 es la más adecuada, ya que las plantas no muestran ningún síntoma de carencias o excesos nutricionales, mientras que con la solución F2 aparecen algunos síntomas de carencias de hierro y cinc que dificultan la observación de síntomas de virosis en las hojas.

La fertilización F3, que es una solución comercial de fácil aplicación, produce plantas de menor tamaño que la F2 y la F1 y, además, provoca síntomas fuertes de carencias nutricionales, por lo que estas plantas no son adecuadas para el diagnóstico de virosis.

La disminución del pH de las soluciones nutritivas de 7,5 a 5,5 provoca un aumento del tamaño de las plantas, pero este aumento no es significativo en las condiciones óptimas del ensayo. La disminución del pH complica las operaciones rutinarias de riego en los invernaderos, por lo que no se considera adecuado introducir esta modificación mientras no se realicen nuevas experiencias que muestren de forma concluyente la conveniencia o no de disminuir el pH de la solución nutritiva.

El pH de todos los substratos subió por encima de 6,5, que es el valor límite para la absorción óptima de nutrientes por los cítricos. Ello es debido a las características del agua de riego existente en nuestras instalaciones, que tiene un pH de 7,5 a 8 y un conte-

nido de calcio de 0,35 - 0,40 meq/l CO_3 =. Para evitar este problema, que reduce el crecimiento de las plantas y provoca mayores carencias sería necesario realizar experiencias de acidificación de la solución nutritiva desde el comienzo del cultivo, ajuste inicial del pH de los substratos a 5 en vez de 5,5 y de modificaciones en la solución nutritiva, aumentando la proporción de sulfato amónico para acidificar el medio.

No obstante, en las condiciones seleccionadas a partir del trabajo aquí descrito, que consisten en el substrato S1 y la fertilización F1, se han conseguido excelentes resultados en el cultivo de distintas plantas indicadoras de virosis de cítricos, como los naranjos dulces, "Pineapple", "Hamlin" y "Madame Vinous", pomelos "Marsh" y "Duncan", cidro "Etrog", mandarino "Parson" y tangor "Dweet", en el cultivo de patrones de cítricos, como los citranges "Troyer" y "Carrizo", mandarino "Cleopatra", limonero "Rugoso", naranjo amargo y *Citrus macrophylla* y en el cultivo de numerosas especies de naranjos dulces, mandarinos y limoneros obtenidos por microinjerto de ápices caulinares *in vitro*. Todas las enfermedades de los agrios producidos por virus y similares presentes en España se diagnostican de forma rutinaria con plantas cultivadas en estas condiciones (NAVARRO *et al.*, en prensa).

SUMMARY

EFFECT OF SOIL MIX AND FERTILIZATION ON GROWTH OF MEXICAN LIME (CITRUS AURANTIFOLIA (CRISM.) SWING) SEEDLINGS GROWN IN GREENHOUSE

The purpose of this work is to find out the optimal method for growing Mexican lime (*Citrus aurantifolia* (Chrism.) Swing) seedlings in containers under greenhouse conditions. This plant is the best indicator to detect citrus tristeza virus (CTV).

The effect of five types of artificial mixes and tree kinds of liquid fertilization on plant growth were studied.

Results showed that soil mixes and fertilization influenced plant growth with a significant level of 99 p. 100, although the effect of soil mixes was much more striking.

Best results were obtained with a soil mix composed of 50 p. 100 Sphagnum peat moss and 50 p. 100 fine sand, supplemented with phosphorous and microelements. The optimal fertilization included ammonium nitrate, potassium nitrate, calcium nitrate and microelements. With this conditions, the average height of plants after one year of culture was 201.6 cm and the diameter of the stem 9 cm.

This soil mix and fertilization have been use with very good results to grow several citrus species for virus detection, several citrus rootstocks and citrus plants of several species obtained by shoot-tip grafting *in vitro*.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANON, 1976. Reglamento técnico de control y certificación de plantas de vivero de cítricos. B. O. del E. 213, 17287-17292, de 4 sep. 1976.

An. INIA/Ser. Agríc./N. 19, 1982.

- BALLESTER J. F., PINA J. A., NAVARRO L., 1979. Estudios sobre el "vein enation-woody gall" de los agrios en España. *An. I.N.I.A., Ser. Prot. Veg.* 12, 127-138.
- BAKER K. F., CHANDLER P. A., DURVIN R. D., FERGUSON J., HUFFMAN J. W., MATKIN O. A., MUNNECKE D. E., ROISTACHER C. N., SCHOONOVER W. R., SCIARONI R. H., 1957. The U.C. system for producing healthy container grown plants. *Univ. Calif. Manual* 23.
- KNORR L. C., NOUR-ELDIN F., SALIBE A. A., TANAKA S., WEATHERS L. G., 1968. *Indexing procedures for 15 virus diseases of citrus trees*. U. S. Dept. Agr., Agr. Res. Serv., Agr. Handbook 333, Washington D. C., 96 pp.
- KLEINSCHMIDT G. D., GERDEMAN J. W., 1972. Stunting of citrus seedlings in fumigated nursery soils related to the absence of Endomycorrhizae. *Phytopathology* 62, 1447-1453.
- MENGE J. A., LEMBRIGHT H., JOHNSON E. L. V., 1977. Utilization of mycorrhizal fungi in citrus nurseries. *Proc. Int. Soc. Citriculture* 1, 129-132.
- NAUER E. M., ROISTACHER C. N., LABANAUSKAS C. K., 1967. Effects of mix composition, fertilization, and pH on Citrus grown in U.C.-type potting mixtures under greenhouse conditions. *Hilgardia* 38 (15), 557-567.
- NAUER E. M., ROISTACHER C. N., LABANAUSKAS C. K., 1968. Growing citrus in modified U.C. potting mixtures. *Citrograph* 53 (12), 456, 458, 460-461.
- NAVARRO L., 1976. *The Citrus Variety Improvement Program in Spain*, p. 198-202. En E. C. Calavan (ed.) *Proc. 7th. Conf. Intern. Organization Citrus Virol.*, IOCV, Riverside.
- NAVARRO L., 1977. Citrus virus diseases in Spain in relation to plant production: present and future prospects. *Proc. Int. Soc. Citriculture* 1, 136-140.
- NAVARRO L., BALLESTER J. F., JUÁREZ J., PINA J. A., ARREGUI J. M., BONO R., FERNÁNDEZ DE CÓRDOVA L., ORTEGA C., 1980. *The Citrus Variety improvement program in Spain (CVIPS) after four years.*, p. 289-294. En E. C. Calavan, S. M. Garnsey y L. W. Timmer (eds.) *Proc. 8th. Conf. Intern. Organization Citrus Virol.*, IOCV, Riverside.
- ROISTACHER C. N., 1976. *Detection of Citrus Viruses by graft transmission*. A review, p. 175-184. En E. C. Calavan (ed.) *Proc. 7th. Conference Intern. Organization Citrus Virol.*, IOCV, Riverside.